

П.П.Власов, Н.А.Камынин, И.П.Канунников

ОБ ОДНОМ СПОСОБЕ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДОВ
РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ В ДИАГНОСТИКЕ ГТД

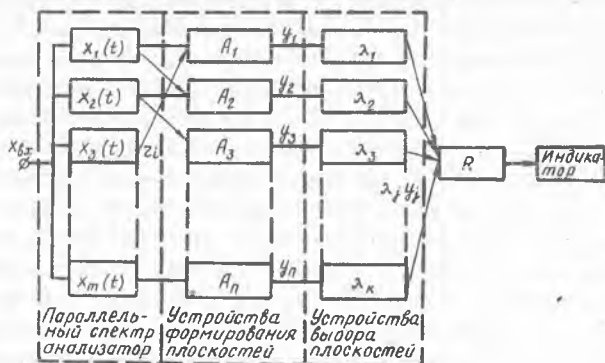
При переходе авиатехники на эксплуатацию по состоянию большое значение приобретает диагностика ее работоспособности. Не меньшее значение имеет диагностика для сокращения времени стендовой доводки изделий авиационной техники. Сложность авиационных двигателей, большой объем и скорость поступления перерабатываемой информации при диагностике, часто превышающие пределы физических возможностей человека, а также необходимость решения логических задач влекут за собой применение для задач диагностики методов теории распознавания образов.

Существуют три подхода к решению задач распознавания образов [2]. Первый подход — это выработка конкретных эвристических признаков. Методы этой группы направлены на решение конкретных задач распознавания. ими решаются многие задачи диагностики ГТД в настоящее время. Этот подход обычно приводит к простым решающим правилам и, следовательно, к простой аппаратной реализации распознающего прибора. Однако значительны затраты на предварительный этап: изучение физики явлений, разработка и проведение комплекса специализированных измерений, выделение признаков. Существуют задачи, где такой подход вообще не приносит успеха.

Ко второй группе относятся методы, в которых выделение признаков и распознавание образов объединяются в одну общую задачу нахождения оптимального решения. Эти методы почти не нашли применения в диагностике авиационных двигателей, поскольку требуют знания статистических характеристик классов состояний.

К третьей группе относятся методы, которые предусматривают, чтобы операция выделения образа и распознавание выполнялись с помощью машины, моделирующей гипотетический механизм человеческого мышления при решении подобных задач. Такой подход пока еще не нашел применения в вибрационной диагностике двигателей, хотя такие преимущества, как отсутствие необходимости в разработке специализированных измерений для выделения конкретных признаков и в знании статистических характеристик классов состояний, ставят его в ряд весьма перспективных методов диагностики.

Одной из первых конкретных реализаций методов третьей группы является персептрон [1]. В соответствии с принципом построения такого устройства был разработан и экспериментально опробован персептрон для диагностики ГТД (рис. 1). Воспринимающим устройством персептрона является параллельный спектральный анализатор. Им может быть как готовый серийный анализатор, так и специально разработанный. В данном случае использовался параллельный третьоктавный анализатор спектра типа $FS_p - 80 / ГДР$, фирма $RFT /$. Следующей ступенью



Р и с. 1. Блок-схема устройства для распознавания

персептрона служат так называемые "ассоциативные элементы" или А-элементы. Все они одинаковы. Каждый А-элемент имеет несколько входов и один выход. А-элементы производят алгебраическое суммирование сигналов, поступивших на их входы, и полученную сумму сравнивают с одинаковой для всех элементов величиной. Если сумма больше θ , А-элемент возбуждается и выдает на выходе сигнал, равный единице. Если сумма меньше θ , А-элемент остается невозбужденным и выходной сигнал его равен нулю. Обозначим сигнал на выходе i -го фильтра параллельного анализатора через x_i . Тогда выходной сигнал j -го А-элемента

$$y_j = \begin{cases} 1, & \text{если } \left(\sum_{i=1}^n r_{ij} x_i - \theta \right) \geq 0 \\ 0, & \text{если } \left(\sum_{i=1}^n r_{ij} x_i - \theta \right) < 0. \end{cases} \quad (I)$$

где n - число подключенных фильтров анализатора спектра (в на-

шем случае $n = 16$), λ_j принимают значение $+1$, если i -й фильтр подключен ко входу j -го А-элемента, и значение 0 , если i -й фильтр не подключен.

Выходные сигналы А-элементов с помощью специальных устройств (рис. 1) умножаются на переменные коэффициенты λ_j , каждый из которых может изменяться независимо от других от некоторой положительной величины до нуля. Выходные сигналы умножителей суммируются, и суммарный сигнал поступает на вход реагирующего элемента (R-элемента). Выходной сигнал R-элемента записывается в виде

$$R = \begin{cases} 1, & \text{если } \sum_{j=1}^4 \lambda_j y_j \geq a \\ 0, & \text{если } \sum_{j=1}^4 \lambda_j y_j < a, \end{cases} \quad (2)$$

где a - порог срабатывания R-элемента.

Пусть на вход анализатора спектра поступают поочередно сигналы, принадлежащие к двум различным классам состояния двигателя. При этом оказывается возможным привести перцептрон в такое состояние, что он будет с достаточной надежностью выдавать на выходе R-элемента 1 при появлении сигналов одного класса и 0 - при сигналах другого класса. Это достигается с помощью процедуры обучения перцептрона. Описанная структура перцептрона позволяет разделять объекты только на два класса, однако можно осуществить перцептрон, разделяющий объекты на множество классов.

Обучение перцептрона состоит из ряда последовательных тактов. В каждом такте перцептрону предъявляются сигналы одного из классов. В зависимости от реакции перцептрона производится изменение коэффициентов λ_j по определенным правилам [1].

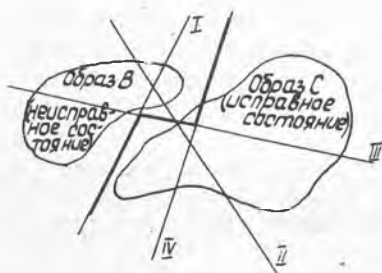
Суть процесса обучения можно наглядно показать, используя геометрическую интерпретацию. Для этого рассмотрим подробнее функции А-элементов. Представим себе, что мы имеем только два признака. Тогда выходной сигнал j -го А-элемента зависит от знака выражения

$$z_{1j} x_1 + z_{2j} x_2 - \theta \quad (3)$$

Это выражение можно рассматривать как левую часть уравнения некоторой прямой:

$$z_{1j} x_1 + z_{2j} x_2 - \theta = 0. \quad (4)$$

Знак сигнала на выходе А-элемента говорит о том, по какую сторону от этой прямой лежит точка, соответствующая предъявленному классу. Точно также при числе признаков n можно представить себе, что А-элемент разделяет n -мерное пространство на 2 части, в одной части лежат точки, для которых выходной сигнал А-элемента равен 1, в другой части расположены точки, для которых выходной сигнал равен 0. Таким образом, каждый А-элемент проводит в многомерном пространстве плоскость, разделяющую многомерное пространство на две части. Расположение плоскости зависит от коэффициентов z_{ij} и в общем случае случайно. Пересечем n -мерное пространство плоскостью. Сечение этого пространства представлено на рис. 2. Классы состояния изображены контурами В и С, линии 1 - IV представляют собой следы проведенных с помощью четырех А-элементов плоскостей. В каждом такте обучения мы придаем наибольший вес тем плоскостям и их кускам, которые обладают наилучшими разделяющими свойствами. Таким образом, в процессе обучения исключаются лишние плоскости (плоскость II на рис. 2) и куски плоскостей. Результирующая прямая в плоскости сечения изобразится жирной линией.



Р и с. 2. Геометрическая интерпретация обучения

В n -мерном пространстве ей соответствует разделяющая гиперплоскость.



Р и с. 3. Результаты обучения

Эксперименты показали, что в зависимости от типа дефекта в двигателе, процесс обучения включает в себя от 4 до 15 тактов обучения. На рис. 3 представлена типовая кривая обучения персептрона. После 15 тактов персептрон распознавал классы состояний двигателя почти со 100%-ной надежностью. Было проверено влияние места установки датчиков, а также изменения режима работы двигателя на надежность распознавания персептроном различных классов состояния двигателя. Для этого персептрон, предварительно обученному по сигналам одного датчика, предъявлялись реализации сигналов классов состояний, снятых с другого датчика. Надежность распознавания уменьшалась незначительно (на 3-5%). Сильнее проявлялась зависимость надежности распознавания от смены режима работы двигателя. Например, при изменении оборотов ротора с 3000 об/мин до 5000 об/мин надежность распознавания падала на 20-25%. Это означает, что наиболее просто диагностические исследования с помощью персептрона проводить на одном заранее установленном режиме двигателя. Другой способ заключается в том, чтобы на вход персептрона подавать признаки, инвариантные к оборотам, что можно сделать, например, с помощью следящего анализа. Необходимо отметить, что диагностические исследования с помощью персептронов интересны и с точки зрения выявления признаков состояния. Если в обученном персептроне нарушать связи "фильтр-А-элемент" и определять влияние этих нарушений на надежность распознавания, то можно выявить наиболее информативные признаки.

На основании вышесказанного можно сделать общий вывод, что персептроны могут найти применение в диагностике ГТД, особенно в тех случаях, где выделение признаков связано с большими затратами или вообще не решается обычными методами.

Л и т е р а т у р а

1. А р к а д ь е в А.Г., Б р а в е р м а н Э.М. Обучение машины классификации объектов. М., "Наука", 1971.
2. В а с и л ь е в В.И. Распознающие системы. Киев, "Наукова думка", 1969.